

Qu'est-ce que la Science?

Didier Lairez

École polytechnique / CEA-DRF / CNRS (LSI, UMR 7642)

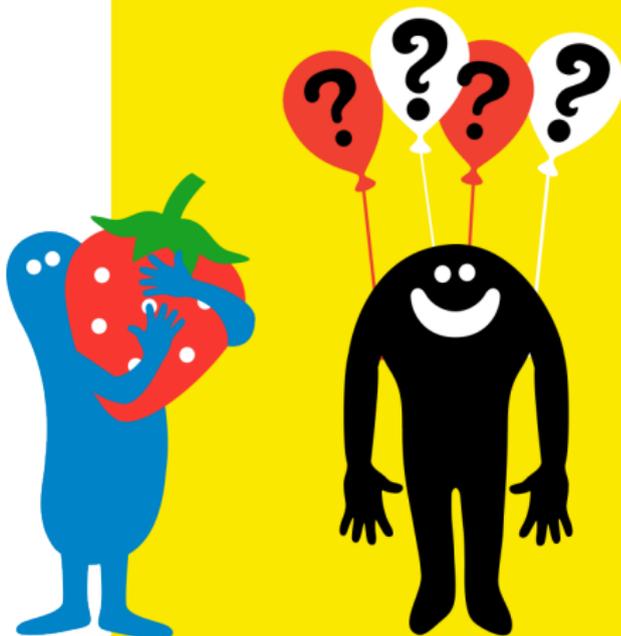
didier.lairez@polytechnique.edu

<http://didier.lairez.fr/>



les petits 
débrouillards

Un exposé
tout public...
et interactif



les petits   
débrouillards

Motifs

- La science se déguste, mais où apprend-on les éléments pour l'apprécier?
- Connaître et reconnaître la science parmi
 - les pseudo-sciences
 - les complotisme
 - les superstitions
 - les infox...
- Reconnaître s'il s'agit de choisir ou de décider

Quiz préliminaire

- 1 L'argument "*On ne peut le mettre en évidence, mais ceci ne veut pas dire que cela n'existe pas*" est-il logiquement correct? ... est-il scientifique?
- 2 En science, doit-on nécessairement définir les mots avant de les utiliser?
- 3 La science vise-t-elle à élucider les causes des phénomènes ou des choses?
- 4 Les scientifiques sont-ils plutôt sceptiques ou crédules? ... Méfiants ou confiants?
- 5 En mathématique est-il correct de généraliser un cas particulier? ... et en science naturelle?
- 6 Une théorie scientifique doit-elle être vérifiable?
- 7 En science est-il correct de considérer une affirmation comme "vraie jusqu'à preuve du contraire"?
- 8 ... et comme "fausse jusqu'à preuve du contraire"?
- 9 Les évènements ne m'ont pas donné tort, m'ont-ils donné raison?
- 10 Puis-je avoir raison de faire une hypothèse tout en sachant qu'elle est fausse?

- 1 comprendre, expliquer
- 2 dégustation horizontale:
de l'expérience individuelle à la connaissance collective
- 3 dégustation verticale:
construction et évolution de cette connaissance

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Conclusion

Comprendre

- apprendre...
- et comprendre (“prendre avec ou ensemble”)

NOW = MAINTENANT
TIME = TEMPS
ONLY = SEULEMENT
ALSO = AUSSI
VERY = TRÈS
WELL = BIEN
JUST = JUSTE
MAN = HOMME
AFTER = APRÈS
FIRST = PREMIER
BETWEEN = ENTRE
MUCH = BEAUCOUP

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Conclusion



Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Conclusion

Les mots désignent des concepts

- Classer, ranger, catégoriser n'est pas l'apanage des sciences, c'est celui du langage.
- Derrière les mots résident des abstractions qui nous servent à concevoir et à décrire le monde.
- Le **langage** par les **mots** et les **phrases** simplifie la réalité pour la penser, la décrire, et communiquer vite et efficacement.
- Toutes choses que l'on attend aussi de la **science**, de ses **concepts** et de ses **théories**.

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

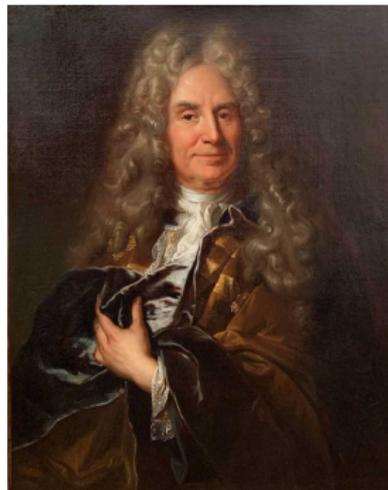
Ses succès...

... et ses limites

Conclusion

Concevoir

“Ce que l'on conçoit bien s'énonce clairement et les mots pour le dire arrivent aisément”



Nicolas Boileau
(1636-1711)

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Conclusion

Concepts

- jamais gratuits
- conventionnels et en partie arbitraires
- plus simple que ce qu'ils décrivent



Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Conclusion

Deux gentianes



Gentiana lutea



Gentiana clusii

Dans la même case **malgré** leurs couleurs différentes

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Conclusion

Animal et végétal



Clostridium botulinum



Cyanobacteria

Dans des cases différentes à **cause** de leur couleur

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

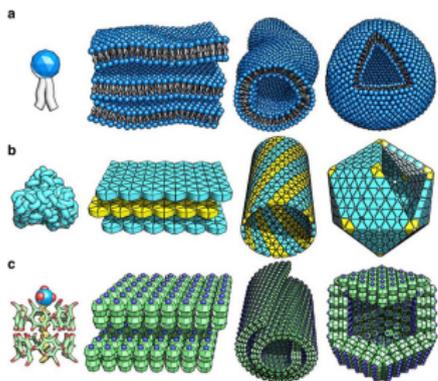
Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Conclusion

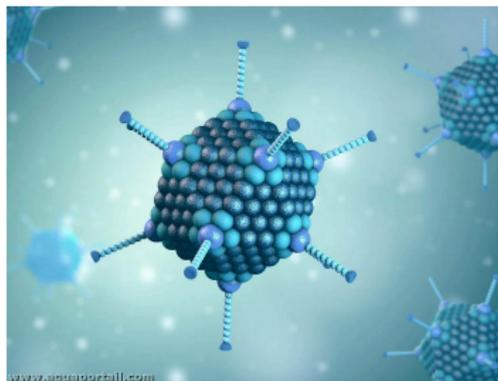
Inerte et vivant



a: lipides

b: protéines

c: lipides + sucres



Adenovirus (angine, gastro...)

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

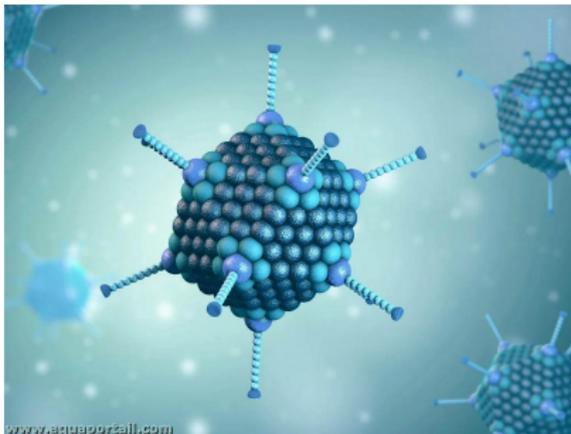
Conclusion

Deux êtres vivants

Panthera leo



Adenovirus



Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

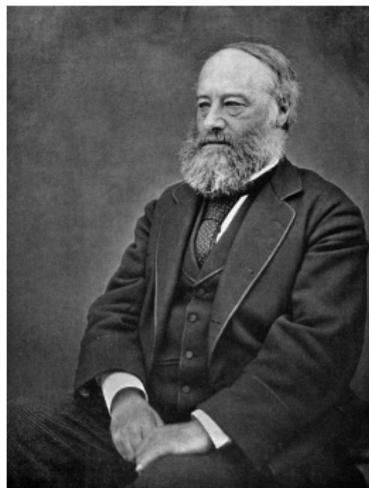
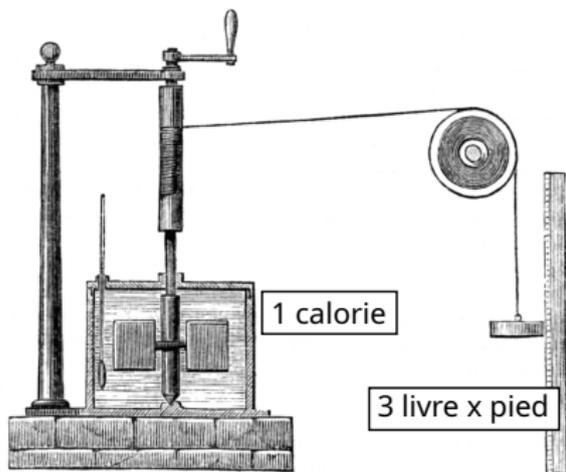
Ses succès...

... et ses limites

Conclusion

L'énergie

- L'énergie est définie par un principe de conservation



James P. Joule
(1818-1889)

- ... qui par "principe" ne peut être mis en défaut.

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

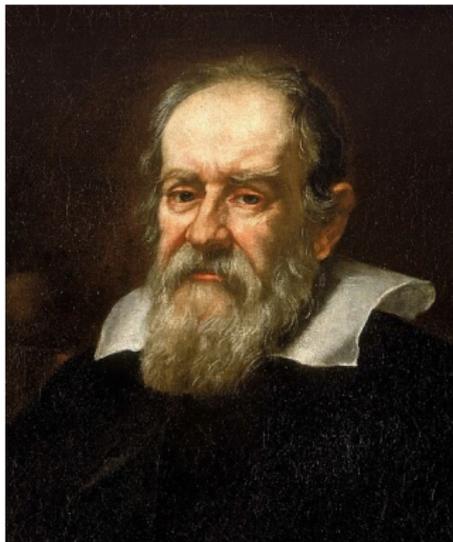
Ses succès...

... et ses limites

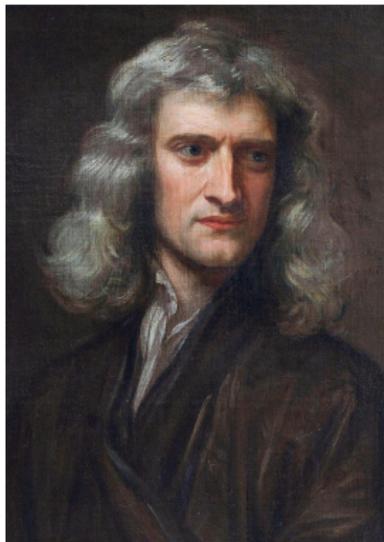
Conclusion

La masse

- poids = “quantité de matière” \times quelque chose
- force = **inertie** \times accélération



Galileo Galilei
(1564-1642)



Isaac Newton
(1643-1727)

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

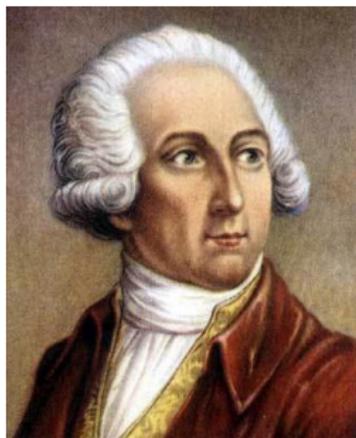
Ses succès...

... et ses limites

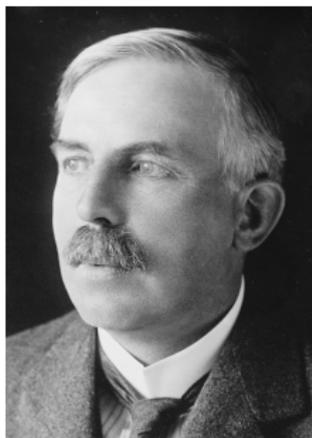
Conclusion

Équivalence masse/énergie

- *“Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme”*
- ... mais certaines choses se désintègrent
- la masse est une forme d'énergie ($E = mc^2$)



Antoine Lavoisier
(1743-1794)



Ernest Rutherford
(1871-1937)



Albert Einstein
(1879-1955)

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Conclusion

L'énergie potentielle

- ... c'est potentiellement de l'énergie
- c'est en fait de la masse



Léon Brillouin
(1889-1969)

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

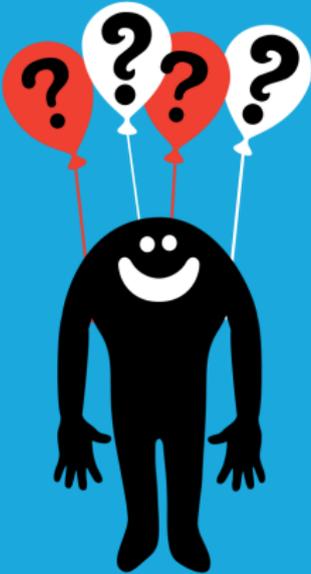
Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Conclusion

on avait dit interactif



- Quelqu'un arrive-t-il à suivre?
- Concepts simplificateurs, arbitraires, conventionnels,...
- comment alors la science peut-elle être **collective**, **consensuelle** et produire de la **connaissance**?

Dégustation horizontale

- *“La connaissance désigne un rapport de la pensée à la **réalité** et engage la notion de **vérité**. Elle est plus qu’une croyance partagée puisque son **universalité** est de **droit**.”*
Encyclopædia Universalis
- D’où proviennent cette légitimité et cette universalité?

Trois raisons:

- 1) Réalité objective
- 2) Logique naturelle
- 3) Économie de pensée

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Conclusion

1) Réalité objective

- Universalisme du système métrique, “petit frère” des droits de l’Homme, devenu le **Système International**



Jean-Baptiste Delambre
(1749-1822)



Pierre Méchain
(1744-1804)

- une seule Terre commune à tous, une seule unité de longueur: $1 \text{ m} = 1/10\,000\,000$ d'un demi-méridien

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

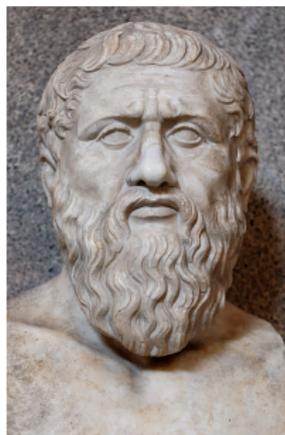
Conclusion

Monde sensible et réalisme indirect



le surnaturel

la nature



Platon

(~428-348 av.J.-C.)

- Il n'est pas possible de concevoir le monde dans son intégralité, mais uniquement ce que l'on en voit.

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Conclusion

Objet des sciences naturelles

- La nature (par opposition au surnaturel)

*“Le cœur a ses raisons
que la raison ignore.”*



Blaise Pascal
(1623-1662)

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Conclusion

Objet des sciences naturelles

- Corollaire: parler du "comment" et non du "pourquoi".
- La science ne s'intéresse pas aux causes.

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Conclusion

Voir et concevoir



Henri Poincaré
(1854-1912)

“Une réalité indépendante de l'esprit qui la conçoit, la voit ou la ressent, même si elle existait, serait pour nous à jamais inaccessible.”

*Ce que nous appelons **réalité objective** est ce qui est **commun** à de nombreux êtres pensants, et qui **pourrait** l'être à tous.”*

- Ce que nous est commun.
- Conditionnel: pourrait?

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Conclusion

Observation objective

- L'observation doit être répétable et reproductible,
 - c'est ce que l'on appelle **objective**,
 - mais le **sujet** (l'observateur), ses connaissances, ses moyens jouent un rôle.
 - donc nous devrions plutôt dire **non personnelle...**
- Une observation objective est non personnelle et peut être faite par quiconque disposerait des mêmes connaissances préalables et des mêmes moyens.

Exemple: la longueur d'un méridien
ou encore plus facile à observer: le mètre étalon

- Une observation objective nous rend confiant par le simple fait qu'un contrôle est possible (alors que dans la pratique il n'est pas souvent effectué).

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Conclusion

Scepticisme et crédulité

*“Je ne croirai que
ce que je vois.”*
Saint Thomas



- En science:
“Je ne croirai que ce qui est objectivement observable.”
- Car cela me dispense de l'observer moi-même.
- Sans cela aucun progrès de la connaissance n'est possible.

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

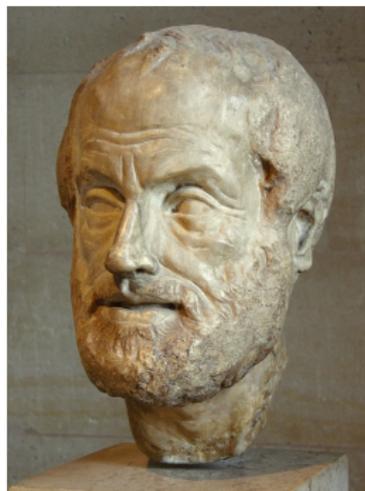
Ses succès...

... et ses limites

Conclusion

2) Cohérence et logique naturelle

- **Principe de non-contradiction:**
Une affirmation ne peut être à la fois vraie et fausse
- **Principe du tiers exclu:**
Une affirmation est soit vraie, soit fausse
- **Déduction:**
*"Tous les hommes sont mortels,
or Socrate est un homme,
donc Socrate est mortel."*
- ...



Aristote
(384-322 av.J.-C.)

Une seule logique, plusieurs opinions

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Conclusion

3) Une économie de pensée

Une théorie c'est:

- un ensemble particulier et cohérent d'affirmations
- pour décrire et prédire le monde sensible,
- et le faire plus **efficacement et rapidement**.



Ernst Mach
(1838-1916)

- c'est une économie de pensée

“La mémoire est plus pratique que l'expérience.”

“Une théorie est une conception globale, compacte, cohérente et facile des faits.”

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

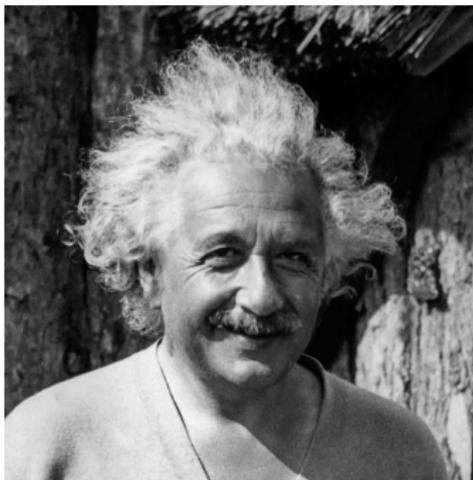
Ses succès...

... et ses limites

Conclusion

Qu'est-ce qu'une théorie?

- *“Les concepts qui ne sont pas logiquement réductibles constituent la partie indispensable de la théorie.”*
- *“Le but suprême est que ces éléments de base soient aussi simples et peu nombreux que possible sans renoncer à la représentation d'une seule donnée de l'expérience.”*
- 1) accord avec l'expérience, 2) cohérence, 3) économie,



Albert Einstein
(1879-1955)

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Conclusion

En résumé: légitimité et universalité de la science?

- Seulement deux sources de connaissance:
 - 1 L'empirisme: l'observation de la réalité objective.
 - 2 La logiquec'est l'**empirisme logique**
- L'ensemble le plus économe est par définition **unique**

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Conclusion

Retour sur le quiz (1/2)

- 1 L'argument "*On ne peut le mettre en évidence, mais ceci ne veut pas dire que cela n'existe pas*" est-il logiquement correct?
- 2 ... est-il scientifique?
- 3 La science vise-t-elle à élucider les causes des phénomènes ou des choses?
- 4 Les scientifiques sont-ils plutôt sceptiques ou crédules?

Entendu à la radio

France Inter, " On n'arrête pas l'éco",
samedi 5 octobre 2024, 9h25

Débat

- **Economiste 1:** *"Les économistes ont beau essayer, ils n'arrivent pas à mettre en évidence..."* ceci cela...

[En évidence:

nettement apparent, immédiatement en vue.

(Larousse)]

- **Economiste 2:** *"Les économistes n'arrivent pas à le mettre en évidence, mais ça ne veut pas dire que ça n'existe pas..."*

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

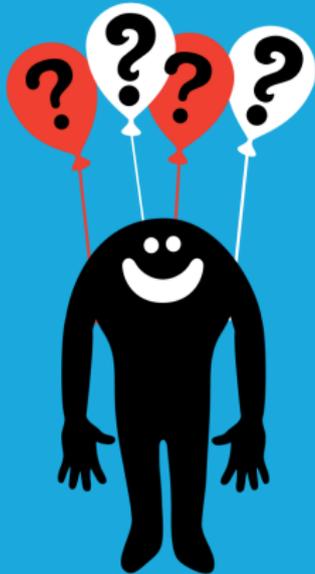
Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Conclusion

on avait dit interactif



- unique, universelle,...
- absolue, immuable, ce que l'on attendrait d'une "vérité" ?
- ou en construction, provisoire et évolutive

Dégustation verticale

- Comment la science se construit-elle?
Comment évolue-t-elle?
- Trois protagonistes:
 - 1 Induction
 - 2 Réfutabilité
 - 3 Probabilités
- ... pour une construction

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Conclusion

1) Induction

Le problème majeur des sciences naturelles:

1 Déduction:

"Tous les hommes sont mortels, or... donc ..."

2 Problème: Comment savoir si la prémisse est vraie?

3 Réponse:

Observations (toujours particulières) puis généralisation:
c'est l'**induction**

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Conclusion

(In)certitude

“Par généralisation, chaque fait observé nous permet d'en prédire beaucoup d'autres; seulement, il ne faut pas oublier que seul le premier est certain, et que tous les autres ne sont que probables.”



Henri Poincaré
(1854-1912)

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

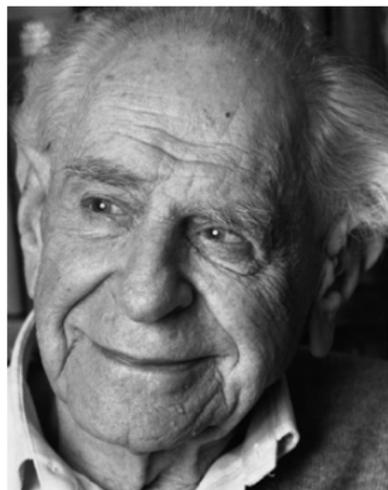
Ses succès...

... et ses limites

Conclusion

2) Réfutable (mais pas vérifiable)

- Une affirmation scientifique n'est jamais vérifiée
- Une expérience **confirme** (mais ne prouve pas) ou **infirme** (réfute)



Karl Popper
(1902-1994)

Pour qu'une affirmation soit scientifique, il doit exister une mise à l'épreuve (une expérience test).

Une affirmation scientifique doit être réfutable.

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Conclusion

3) Probabilités

- 1 Les vérités scientifiques sont provisoires
 - *“Vrai jusqu'à preuve du contraire”*
- 2 En science il n'y a pas de certitude
 - Confirmation et réfutation sont également soumises aux probabilités (ex. barres d'erreur dans une mesure),...
 - donc on n'échappe pas aux probabilités
- 3 **Question:** Toutes les affirmations scientifiques se valent-elles?
- 4 **Réponse:** **La plus probable est la meilleure.**

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

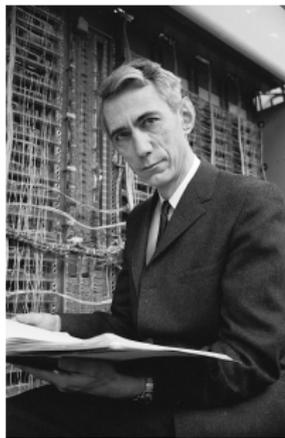
Conclusion

Raison insuffisante

■ Principe de la raison insuffisante



Pierre-Simon
de Laplace
(1749-1827)



Claude E.
Shannon
(1916-2001)



Edwin T.
Jaynes
(1922-1998)

■ Utiliser toute l'information disponible (mais pas plus)

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Conclusion

Prédiction et Décision

- Les évènements ne donnent pas toujours tort, mais jamais raison.

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Conclusion

Retour sur le quiz (2/2)

- 5 En science est-il correct de généraliser une observation particulière?
- 6 Une théorie scientifique doit-elle être vérifiable?
- 7 En science est-il correct de considérer une affirmation comme “vraie jusqu’à preuve du contraire” ?
- 8 ... et comme “fausse jusqu’à preuve du contraire” ?
- 9 Les évènements ne m’ont pas donné tort, m’ont-ils donné raison?
- 10 Puis-je avoir raison de faire une hypothèse tout en sachant qu’elle est fausse?

Comment se construit une théorie

- Phase 1: théorie phénoménologique:
des expériences aux **lois**
- Phase 2: théorie axiomatique:
on met les lois en premier,
les précédentes ou d'autres qui nous seraient cachées,
qui deviennent des **principes**
- Phase 3: **unification**

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Conclusion

Réductionnisme

- Le réductionnisme n'est pas réducteur.
Ce n'est pas réduire la complexité des choses.
- C'est leur **chercher un mécanisme commun** (dont l'origine proviendrait de leur composants communs)...
- et donc **faire l'économie de complications inutiles** à notre représentation des choses.

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Conclusion

Les succès du réductionnisme

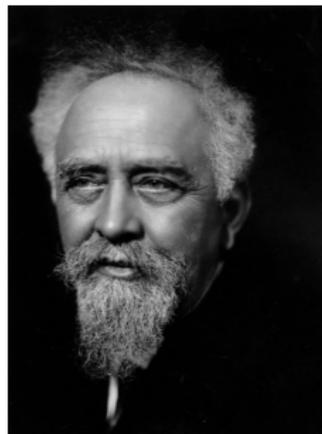
- Exemple: la diffusion de la chaleur et des substances



Joseph Fourier
(1768-1830)



Adolf Fick
(1829-1901)



Jean Perrin
(1870-1942)

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

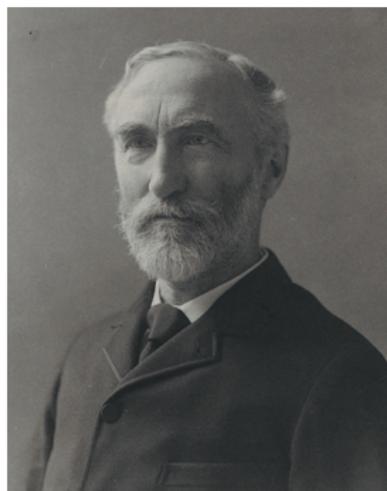
... et ses limites

Conclusion

Succès encore..

Mécanique statistique:

- **La pression:** la somme des énergies cinétiques des atomes par unité de volume
- **La température:** la moyenne des énergies cinétiques des atomes
- **La capacité calorifique:** proportionnelle au nombre de degrés de liberté des mouvements des molécules
- etc.



J. Willard Gibbs
(1836-1903)

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

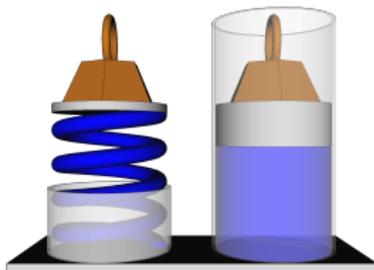
Ses succès...

... et ses limites

Conclusion

... et ses limites: émergence

■ Loi des grands nombres



■ Le tout n'est pas (forcément) la somme des parties

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Conclusion

Conclusion

- La science est collective, transmise et évolutive.
C'est le projet de l'humanité le plus ancien (de loin).
- À quoi la reconnaît-on?
**objectivité, cohérence, simplicité,
réfutabilité, probabilité**
- *“Je croirai en ce qui est objectivement observable”*
- En science, les vérités sont provisoires
et on peut se tromper et avoir eu raison.

Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

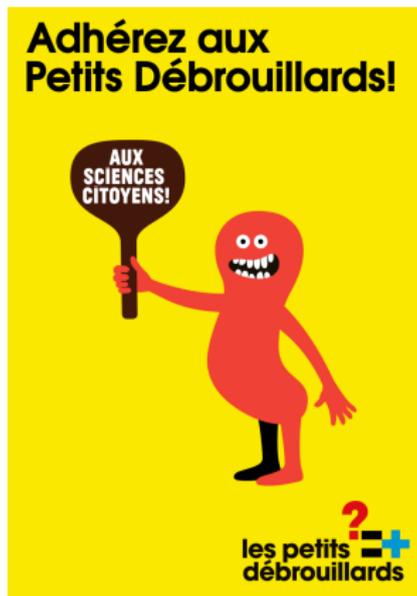
Ses succès...

... et ses limites

Conclusion

Choisir et décider

- *“Il ne peut y avoir de science immorale, pas plus qu’il ne peut y avoir de morale scientifique”*
Henri Poincaré



Préambule

Comprendre

...c'est relier

Concepts

Exemples

Convention et arbitraire

Réel et conceptuel

Horizontale

1) Réalité objective

Le monde sensible

Voir et concevoir

Observation objective

Scepticisme

2) Cohérence

3) Économie

En résumé

Verticale

1) Induction

(In)certitude

2) Réfutabilité

3) Probabilités

Raison insuffisante

Décision

Construction

Réductionnisme

Ses succès...

... et ses limites

Conclusion